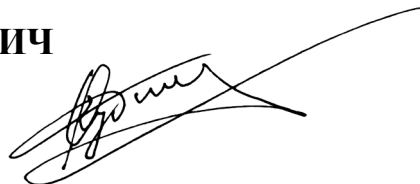


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КУДІН ОЛЕГ ОЛЕКСІЙОВИЧ



УДК: 005.8:519.62

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ
РОБІТ ПРИ УПРАВЛІННІ ЧАСОМ ПРОЕКТІВ РОЗРОБКИ
КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СУДЕН**

Спеціальність 05.13.22 – управління проектами та програмами

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Миколаїв 2021

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Національному університеті кораблебудування (НУК) імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Приходько Сергій Борисович,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова Міністерства освіти і
науки України, завідувач кафедри програмного
забезпечення автоматизованих систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Данченко Олена Борисівна,
Черкаський державний технологічний
університет Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри комп'ютерних наук та
системного аналізу

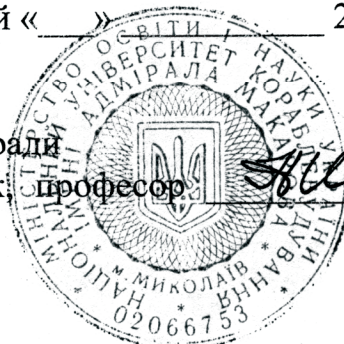
доктор технічних наук, професор
Пітерська Варвара Михайлівна,
Одеський національний морський університет
Міністерства освіти і науки України, професор
кафедри «Експлуатація портів і технологія
вантажних робіт»

Захист відбудеться «23» вересня 2021 р. о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 38.060.01 при Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова, за адресою: 54007, м. Миколаїв, проспект Героїв України, 9, ауд. 360.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: 54007, м. Миколаїв, проспект Героїв України, 9, та за електронною адресою: <http://www.nuos.edu.ua/nauka/specializovani-vcheni-radi/specializovana-vchena-rada-d-38-060-01/zdobuvachi-2021-roku/>.

Автореферат розісланий « » 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор



Шевцов А.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. В наш час спостерігається постійне зростання міжнародних морських вантажоперевезень. За даними UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development – Конференція організації об'єднаних націй із торгівлі і розвитку) у січні 2020 р. світовий флот досяг пропускної спроможності 2,1 млрд. тон дедвейту, що на 81 млн. тон дедвейту більше, ніж у попередньому році. Відповідно, збільшення вантажоперевезень вимагає будівництва нових суден. Зростаючі потреби у нових суднах є однією з основних причин скорочення строків на їх проектування і будівництво, що, відповідно, обумовлює необхідність удосконалення моделей і методів управління проектами розробки конструкторської документації (КД) суден. Теоретичні і практичні результати досліджень з управління проектами представлені в роботах українських і закордонних вчених: С.Д. Бушуєва, В.Н. Буркова, В.В. Кононенко, Н.С. Бушуєвої, Р. Арчибальда, В.М. Аньшина, Д.А. Новікова, В.А. Рача, К.В. Кошкіна, С.К. Чернова, Ю.М. Харитонova, Ю.П. Шарова, й ін. Але існуючі методи і моделі управління проектами, зокрема методи й моделі управління часом проектів розробки КД суден, не завжди дозволяють виконати зазначені проекти в заплановані строки. Наявність випадків перевищення запланованих строків проектів вимагає створення і використання найновіших методів і моделей управління проектами будівництва суден, зокрема методів і моделей управління часом таких проектів.

Сучасне конструкторське бюро в умовах цифровізації проектування і створення «цифрових двійників» суден відповідно до принципів «Industry 4.0» та «Shipbuilding 4.0» повинно забезпечити високу якість, ефективність, гнучкість і ринкову ціну виконання інжинірингових робіт, де: ефективність – це своєчасне виконання проектів; гнучкість – спроможність розробляти «цифрового двійника» та «цифрову модель технологічних процесів» судна в різних системах проектування; ціна – конкурентоспроможна ціна робіт. Поєднання означених показників і пильний контроль тривалості й послідовності виконання усіх технологічних процесів проектування суден забезпечує конкурентоспроможність сучасного конструкторського бюро. А одним із кроків підвищення конкурентоспроможності є найбільш точне оцінювання трудомісткості конструкторських робіт.

Таким чином, робота в напрямку підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден є на сьогодні **актуальною** та становить **практичний інтерес**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова відповідно до планів НДР з ініціативних тем: «Імовірнісне оцінювання тривалості робіт при плануванні і управління часом у проектах розробки конструкторської документації судна» (№ держ. реєстрації 0112U000669), «Побудова нелінійних регресійних моделей

тривалості розробки конструкторської документації суден» (№ держ. реєстрації 0117U003362), «Визначення аномалій (викидів) в двовимірних негаусівських даних» (№ держ. реєстрації 0117U007281).

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден завдяки побудові математичних моделей для оцінювання трудомісткості робіт на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона. Це дозволить підвищити достовірність оцінювання тривалості робіт у порівнянні з відповідними моделями, які отримані за одновимірними нормалізуючими перетвореннями, та забезпечить основу для завершення проекту у визначені строки.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести порівняльний аналіз існуючих математичних моделей для оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден та визначити їх переваги й недоліки. Вибрати нормалізуюче перетворення для нормалізації двовимірних негаусівських даних про трудомісткість робіт у проектах розробки КД суден та побудувати ймовірнісні моделі трудомісткості робіт у проектах розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій.

2. Побудувати рівняння трансформованого еліпсу передбачення для двовимірного негаусівського вектору трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона, що дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у подібних наборах.

3. Побудувати рівняння нелінійної регресії та границі довірчих інтервалів і інтервалів передбачення для оцінювання трудомісткості робіт у проектах розробки КД секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона.

4. Побудувати нелінійні регресійні моделі для оцінювання трудомісткості робіт у проектах розробки КД секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона.

5. Розробити методику оцінювання середньої трудомісткості робіт та методику оцінювання трудомісткості робіт, як випадкової величини, за нелінійною регресійною моделлю трудомісткості робіт і їх застосування при управлінні часом проектів розробки КД суден.

Об'єкт дослідження – процес оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден.

Предмет дослідження – математичні моделі для оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден.

Гіпотезою дослідження є твердження, що підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД суден досягається за рахунок застосування нелінійних регресійних моделей, які дозволяють описувати зазначену трудомісткість, як випадкову величину. Для побудови нелінійних регресійних моделей трудомісткості робіт з розробки КД суден можна

використати метод на основі двовимірних нормалізуючих перетворень Джонсона.

Методи дослідження. При виконанні роботи використовувались методи управління часом проектів, методи теорії ймовірності та математичної статистики, математичного програмування, інтервального аналізу, регресійного аналізу.

Методи управління часом проектів за методологією РМВОК використовувались для оцінювання трудомісткості робіт по трьом точкам і при порівнянні результатів оцінювання з результатами, отриманими на основі двовимірного перетворення Джонсона.

Методи теорії ймовірності використовувались при аналізі двовимірних даних про трудомісткість робіт з розробки КД суден та визначення параметрів розподілів цих даних. Методи математичного програмування використано при нормалізації емпіричних даних та моделюванні значень трудомісткості робіт з розробки КД суден. Методи регресійного аналізу використовувались при побудові нелінійних регресійних моделей для оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

вперше:

- побудовано негаусівську ймовірнісну модель для трудомісткості робіт із розробки конструкторської документації секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі щільності двовимірного розподілу Джонсона сімейства S_B , що дозволяє не тільки врахувати реальний характер розподілу двовимірних емпіричних даних, а надалі провести кращу нормалізацію емпіричних даних у порівнянні з наявними моделями, побудованими на основі щільностей одновимірних розподілів, та в подальшому підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден;

удосконалено:

- рівняння трансформованого еліпса передбачення на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , яке побудовано для двовимірного негаусівського вектора трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій, що дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у подібних наборах даних без припущення про їх нормальний розподіл, а також в подальшому підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден.

- рівняння нелінійної регресії та границь її довірчого інтервалу і інтервалу передбачення на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B для оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання вибіркового середнього трудомісткості робіт в залежності від маси секцій у порівнянні з відповідними рівняннями, що отримані за одновимірними нормалізуючими перетвореннями. Використання зазначених оцінок

вибіркового середнього трудомісткості робіт дозволяє, в свою чергу, підвищити достовірність оцінювання середніх часових інтервалів розкладу проекту розробки КД суден.

отримала подальший розвиток:

– нелінійна регресійна модель на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , яку побудовано для оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден і маси цих секцій, що дозволяє зменшити ширину інтервалів передбачення нелінійної регресії та, тим самим, підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден у порівнянні з наявними моделями, що отримані за одновимірними нормалізуючими перетвореннями.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в результаті наукових досліджень математичні моделі були перевірені на реальних даних про трудомісткість робіт у проектах розробки КД суден у декількох СПКБ. Порівняння результатів розрахунків трудомісткості відповідних робіт з реальними даними показали високий рівень адекватності побудованих моделей. Результати, висновки та рекомендації, що містяться в дисертаційній роботі схвалені та використовуються в ТОВ «СІ-ДЖОБ МИКОЛАЇВ» (акт впровадження від 24.12.2019 року) і ТОВ «МДЕМ» (акт впровадження від 23.12.2019 року).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною науковою працею. Усі результати, викладені у роботі, отримані автором особисто. У роботах, що написані в співавторстві, автором особисто отримані наступні результати: [1] – обґрунтування використання мережевої діаграми PERT для управління часом проектів розробки КД суден та модифікація математичної моделі оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД суден на основі трьох точок і β -розподілу трудомісткості робіт на математичну модель оцінювання трудомісткості робіт на основі довірчих інтервалів трудомісткості робіт; [2] – обґрунтування використання нормалізуючих перетворень Джонсона для оцінювання довірчих інтервалів математичного сподівання тривалості робіт в проектах розробки КД суден; [3] – обґрунтування можливості використання довірчих інтервалів, побудованих на основі нормалізуючого перетворення Джонсона, для оцінювання відхилень трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден; [4] – рівняння трансформованого еліпсу передбачення для двовимірного негаусівського вектору трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у подібних наборах даних без припущення про їх нормальний розподіл; [5] – рівняння нелінійної регресії для двовимірного негаусівського вектору трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє урахувати кореляцію між трудомісткістю робіт і масою секцій та зменшити ширину довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійної регресії; [6] – нелінійна регресійна модель для

оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B ; [7] – негаусівська ймовірнісна модель трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден і маси цих секцій на основі щільності двовимірного розподілу Джонсона сімейства S_B , яка дає змогу не тільки врахувати реальний характер розподілу двовимірних емпіричних даних, а надалі провести кращу нормалізацію емпіричних даних порівняно з наявними моделями, побудованими на основі щільності одновимірних розподілів.

Апробація результатів. Основні теоретичні положення дисертаційної роботи і отримані з їх використанням практичні результати доповідались і обговорювались на наступних конференціях: VII, VIII, X, XIII, XIV, XV Міжнародних науково-практичних конференціях «Управління проектами: стан та перспективи»; II, III, IV, VIII, IX, XI Міжнародних науково-технічних конференціях «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці»; Всеукраїнській науково-технічній конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд»; Міжнародній науково-технічній конференції «Комп'ютерні науки: освіта, наука, практика»; XX Міжнародній конференції з автоматичного управління «АВТОМАТИКА/ AUTOMATICS-2013»; Всеукраїнській науково-практичній Internet-конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку»; II науково-практичній Internet-конференції «Проблеми моделювання та розроблення інформаційних систем»; VI, VII Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій пам'яті професора Ю.П. Кунченка «Обробка сигналів і негаусівських процесів»; V міжнародній науковій конференції «Передові інформаційні системи і технології, AIST–2017»; XVIII Міжнародній конференції з математичного моделювання МКММ–2017; II всеукраїнській науково-практичній конференції «Прикладна геометрія та інформаційні технології в моделюванні об'єктів, явищ і процесів».

Публікації. Основні теоретичні результати дисертаційної роботи викладені в 7 статтях у фахових виданнях України та одній статті у періодичному науковому виданні Словацької республіки, яка входить до Європейського Союзу, а також у 22 тезах доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів з висновками, висновків, списку використаних джерел з 73 найменувань і 2 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 145 сторінок. Робота містить 18 рисунків, 11 таблиць. У додатках наведені допоміжні статистичні дані, документи про впровадження результатів роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету та завдання дослідження, представлено об'єкт дослідження, предмет дослідження та

гіпотезу дослідження, сформульовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача в фахових публікаціях за темою дисертації, представлено структуру і обсяг дисертації.

У **першому розділі** визначено місце процесу оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД, який є базовим процесом при управлінні часом проектів розробки КД суден, проведено аналіз існуючих методів і моделей для оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден і напрями їх удосконалення, обґрунтовано необхідність проведення досліджень.

В **другому розділі** запропоновано використовувати для побудови математичних моделей трудомісткості робіт нормалізуючі перетворення Джонсона. Відповідно, побудовано негаусівську ймовірнісну модель для оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та трансформований еліпс передбачення для видалення двовимірних викидів з двовимірного вектору трудомісткості робіт з розробки КД суден.

Для деяких експериментальних даних (наприклад, трудомісткості робіт з розробки КД суден) неможливо теоретично обґрунтувати закон розподілу випадкової величини. У таких випадках виконується підбір аналітичної моделі закону розподілу. Зазвичай підбір аналітичної моделі закону розподілу виконується на основі розподілів Пірсона, але в останній час цю задачу вирішують на основі розподілів Джонсона. Перевагою розподілів Джонсона є те, що при їх використанні можна перетворити (нормалізувати) негаусівську випадкову величину x до випадкової величини z з гаусівським розподілом або розподілом, наближеним до гаусівського. Завдяки такому перетворенню до нормалізованих даних можна застосувати більшість статистичних методів, критеріїв і оцінок.

Нормалізацію емпіричних негаусівських даних на основі нормалізуючих перетворень Джонсона виконують в два етапи. На першому етапі визначають яке сімейство розподілу Джонсона можна використати. На другому етапі визначають оцінки параметрів відповідного перетворення Джонсона.

При визначенні сімейства розподілів Джонсона для емпіричних даних зазвичай використовують діаграма запропонована Джонсоном, на площині з квадрату асиметрії A^2 і ексцесу ε . Один з варіантів діаграми Джонсона зображено на рис. 1.

При визначенні сімейства перетворення Джонсона для нормалізації емпіричних даних на основі діаграми Джонсона (рис. 1) використовують наступне правило. Якщо точка, визначена координатами (A^2, ε) , знаходиться в критичній області, то нормалізуюче перетворення Джонсона не використовується. Якщо точка, визначена координатами (A^2, ε) , знаходиться між лінією верхньої границі критичної області і лінією S_L , то використовується нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_B . Якщо точка, визначена координатами (A^2, ε) , знаходиться вище лінії S_L , то використовується нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_U . При попаданні точки на лінію S_L використовується нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_L .

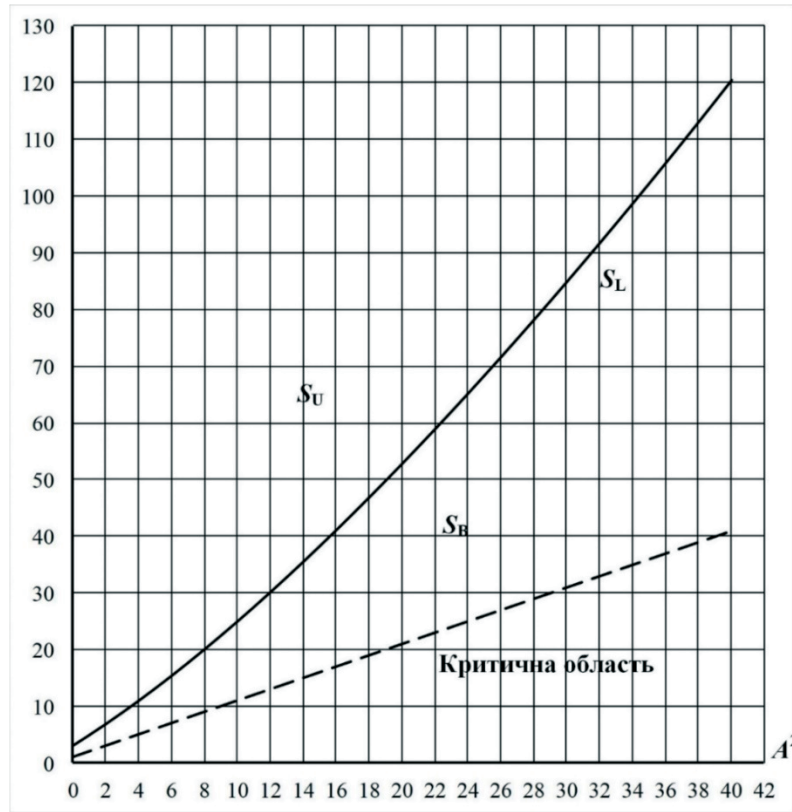


Рисунок 1. – Діаграма для визначення сімейства перетворення Джонсона для випадків $A^2 \in [0, 40]$

В роботі розглянуто двовимірні емпіричні дані, які відображають трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусу судна та маси цих секцій. Вони, як правило, знаходяться в області S_B . Тому надалі використовується нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_B . На основі існуючих публікацій в дисертації пропонується перетворити двовимірний негаусівський вектор трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден (Y) та маси секцій (X) $\mathbf{X} = \{Y, X\}^T$ у двовимірний гаусівський вектор трудомісткості робіт $\mathbf{Z} = \{Z_Y, Z_X\}^T$ з використанням двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволить врахувати кореляцію між випадковими величинами, та зменшити ширини довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійної регресії.

Двовимірне нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_B можна представити у вигляді:

$$\mathbf{Z} = \boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\eta} \mathbf{h}[\boldsymbol{\lambda}^{-1}(\mathbf{X} - \boldsymbol{\phi})] \sim N_m(0_m, \mathbf{S}), \quad (1)$$

де $\boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\eta}, \boldsymbol{\phi}, \boldsymbol{\lambda}$ – параметри перетворення Джонсона; $\boldsymbol{\gamma} = (\gamma_Y, \gamma_X)^T$;

$\boldsymbol{\eta} = \text{diag}(\eta_Y, \eta_X)$; $\boldsymbol{\phi} = (\phi_Y, \phi_X)^T$; $\boldsymbol{\lambda} = \text{diag}(\lambda_Y, \lambda_X)$;

$\mathbf{h}[(g_Y, g_X)] = \{h_1(g_Y), h_2(g_X)\}^T$, а $h_i(g)$ – функція перетворення,

$h_1(g_Y) = \ln \frac{Y - \phi_Y}{\lambda_Y + \phi_Y - Y}$, $h_2(g_X) = \ln \frac{X - \phi_X}{\lambda_X + \phi_X - X}$; \mathbf{S} – коваріаційна матриця

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} S_{Z_Y}^2 & S_{Z_Y Z_X} \\ S_{Z_Y Z_X} & S_{Z_X}^2 \end{pmatrix},$$

де $S_{Z_Y}^2$ – дисперсія нормалізованих значень трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден; $S_{Z_X}^2$ – дисперсія нормалізованих значень мас секцій корпусів; $S_{Z_Y Z_X}$ – кореляція між нормалізованими значеннями трудомісткості робіт і нормалізованими значеннями мас секцій корпусу.

Для двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона (1) існує зворотнє перетворення. Його можна представити у загальному вигляді:

$$\mathbf{X} = \boldsymbol{\varphi} + \lambda \mathbf{h}^{-1} \left[\boldsymbol{\eta}^{-1} (\mathbf{Z} - \boldsymbol{\gamma}) \right], \quad (2)$$

де \mathbf{Z} – двовимірний гаусівський вектор трудомісткості робіт.

На основі щільності двовимірного розподілу Джонсона сімейства S_B можна побудувати ймовірнісну модель трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден:

$$f_B(Y, X) = \frac{\eta_X \eta_Y \lambda_X \lambda_Y}{2\pi (X - \varphi_X)(Y - \varphi_Y)(\lambda_X + \varphi_X - X)(\lambda_Y + \varphi_Y - Y) \sqrt{1 - S_{Z_Y Z_X}^2}} \times \\ \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{1 - S_{Z_Y Z_X}^2} (Z_Y^2 + Z_X^2 - 2S_{Z_Y Z_X} Z_Y Z_X) \right] \right\}. \quad (3)$$

Функція (3) враховує кореляцію між трудомісткістю робіт з розробки КД секцій корпусів суден і масою цих секцій. Вона використовується для побудови логарифмічної функції правдоподібності, яка необхідна для оцінювання параметрів двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B методом максимальної правдоподібності.

Оцінювання вектора параметрів перетворення Джонсона виконується за методом максимальної правдоподібності з використанням логарифмічної функції максимальної правдоподібності:

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = \arg \max_{\boldsymbol{\theta}} l_B(\boldsymbol{\theta}),$$

де $\boldsymbol{\theta} = \{\gamma, \eta, \varphi, \lambda\}$ – вектор параметрів перетворення Джонсона; $l_B(\boldsymbol{\theta})$ – логарифмічна функція максимальної правдоподібності.

Логарифмічну функцію максимальної правдоподібності, побудовану на основі (3), можна представити, як:

$$l_B(\boldsymbol{\theta}) = N \ln \eta_X + N \ln \eta_Y + N \ln \lambda_X + N \ln \lambda_Y - N \ln 2\pi - \sum_{i=1}^N \ln(X - \varphi_X) - \\ - \sum_{i=1}^N \ln(Y - \varphi_Y) - \sum_{i=1}^N \ln(\lambda_X + \varphi_X - X) - \sum_{i=1}^N \ln(\lambda_Y + \varphi_Y - Y) - \\ - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \ln(1 - S_{Z_Y Z_X}^2) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{1 - S_{Z_Y Z_X}^2} (Z_Y^2 + Z_X^2 - 2S_{Z_Y Z_X} Z_Y Z_X) \right], \quad (4)$$

де N – об'єм вибірки.

Логарифмічна функція максимальної правдоподібності (4) враховує кореляцію між трудомісткістю робіт з розробки КД секцій корпусу судна і відповідних мас секцій корпусу судна, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт у порівнянні з одновимірним нормалізуючим перетворенням Джонсона сімейства S_B завдяки врахуванню кореляції між залежною змінною і фактором.

Відомо, що для статистичного аналізу двовимірних даних використовується еліпс. Наприклад, за допомогою еліпсу передбачення виявляються двовимірні викиди у гаусівських двовимірних даних, але для негаусівських двовимірних даних необхідно побудувати трансформований еліпс передбачення.

Побудова трансформованого еліпсу передбачення для двовимірних негаусівських даних складається з трьох етапів. На першому етапі двовимірні негаусівські дані нормалізуються за допомогою двовимірного бієктивного нормалізуючого перетворення. На другому етапі отримують рівняння еліпсу передбачення для нормалізованих даних. На третьому етапі будується рівняння трансформованого еліпсу передбачення для двовимірних негаусівських даних за допомогою зворотного перетворення.

Рівняння трансформованого еліпсу передбачення для двовимірних негаусівських даних трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусу судна та маси цих секцій з урахуванням (2) можна записати як:

$$\begin{aligned} & \frac{\left[\left(\gamma_Y + \eta_Y \ln \frac{Y - \phi_Y}{\lambda_Y + \phi_Y - Y} \right) - m_{Z_Y} \right]^2}{S_{Z_Y}^2} + \frac{\left[\left(\gamma_X + \eta_X \ln \frac{X - \phi_X}{\lambda_X + \phi_X - X} \right) - m_{Z_X} \right]^2}{S_{Z_X}^2} - \\ & - \frac{2S_{Z_Y Z_X} \left[\left(\gamma_Y + \eta_Y \ln \frac{Y - \phi_Y}{\lambda_Y + \phi_Y - Y} \right) - m_{Z_Y} \right] \left[\left(\gamma_X + \eta_X \ln \frac{X - \phi_X}{\lambda_X + \phi_X - X} \right) - m_{Z_X} \right]}{S_{Z_Y}^2 S_{Z_X}^2} = \\ & = \frac{2(N^2 - 1)(S_{Z_Y}^2 S_{Z_X}^2 - S_{Z_Y Z_X}^2)}{N(N - 2)S_{Z_Y}^2 S_{Z_X}^2} F_{2, N-2, \alpha}, \end{aligned} \quad (5)$$

де $F_{2, N-2, \alpha}$ – квантиль F -розподілу.

Для емпіричного двовимірного вектору даних трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій контейнеровозу побудовано трансформований еліпс передбачення при рівні значимості $\alpha = 0,005$ (рис. 2).

Використання (5) дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у двовимірних негаусівських векторах трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій без припущення про їх нормальний розподіл та в подальшому підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден. А це, в свою чергу, дозволяє підвищити достовірність оцінювання тривалості робіт при складанні розкладу проектів розробки КД суден.

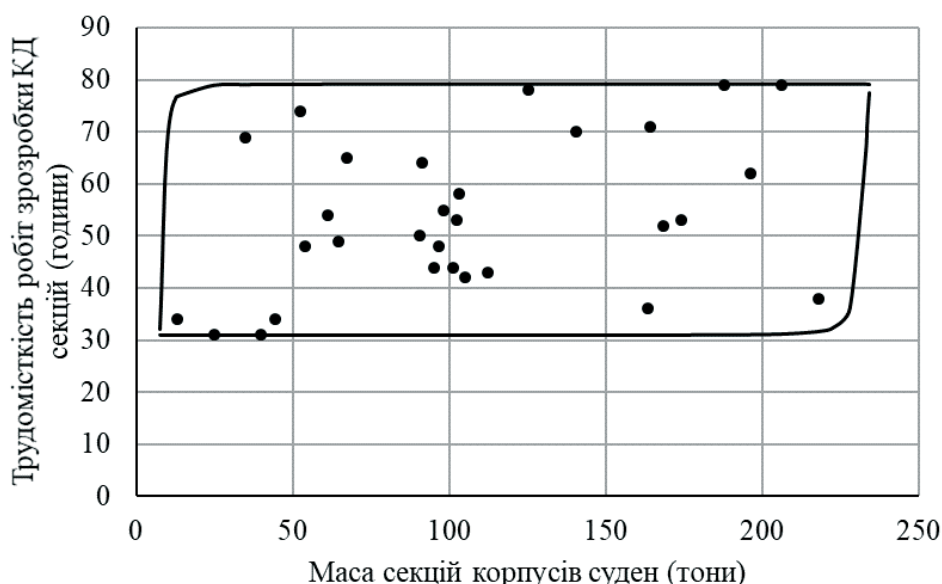


Рисунок 2 – Трансформований еліпс передбачення для двовимірного вектору трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів контейнеровозу та маси цих секцій при $\alpha = 0,005$

На рис. 2 точками позначено вхідні дані трудомісткості робіт з розробки КД секцій корпусів суден для відповідних мас секцій, а суцільною лінією трансформований еліпс передбачення.

В **третьому розділі** на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B побудовано рівняння нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден; побудовано нелінійну регресійну модель для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден; проведено порівняння результатів побудови нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B з результатами побудови нелінійних регресійних моделей на основі одновимірних перетворень.

Одним зі шляхів підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт є побудова рівняння регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона. Проблема побудови рівняння регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден полягає в тому, що випадкові величини у двовимірному векторі \mathbf{X} , який складається з одновимірного вектору трудомісткості робіт із розробки КД секцій і одновимірного вектору відповідних мас секцій, є негаусівськими випадковими величинами. Наприклад, для проекту дослідницького судна коефіцієнт кореляції між фактичною трудомісткістю робіт і масою секцій $r_{yx} = 0,3844$, а для проекту контейнеровозу коефіцієнт кореляції між фактичною трудомісткістю робіт і масою секцій $r_{yx} = 0,5237$. Відповідно, рівняння регресії трудомісткості робіт з розробки КД секцій, скоріш за все, буде нелінійним.

При побудові рівняння нелінійної регресії двовимірних негаусівських даних (наприклад, COCOMO, ISBSG), як правило, використовують одновимірні

нормалізуючі перетворення на основі десятичного логарифму або нормалізуючі перетворення Джонсона. Якщо для побудови рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден використати двовимірні нормалізуючі перетворення Джонсона, які враховують кореляцію між трудомісткістю робіт із розробки КД секцій і масою цих секцій, то це може привести до зменшення ширин довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійної регресії, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден.

Побудова рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B складається з трьох етапів. На першому етапі виконується нормалізація негаусівського двовимірного вектора \mathbf{X} за перетворенням (1). Параметри нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B знаходяться методом максимальної правдоподібності. На другому етапі виконується побудова рівняння лінійної регресії на основі двовимірного гаусівського вектора \mathbf{Z} . Оцінки параметрів лінійної регресії знаходяться з використанням метода найменших квадратів. На третьому етапі виконується побудова рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден з використанням зворотного перетворення (2). Рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден можна представити у вигляді:

$$\hat{Y} = \hat{\phi}_Y + \hat{\lambda}_Y \left[1 + e^{-(\hat{Z}_Y - \hat{\eta}_Y)/\hat{\eta}_Y} \right]^{-1}. \quad (6)$$

Після побудови рівняння лінійної регресії нормалізованої трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден можна побудувати довірчі інтервали лінійної регресії на основі рівняння:

$$Z_{YDI} = \hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, N-2} S_{Z_Y} \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{(Z_X - \bar{Z}_X)^2}{S_{Z_X Z_X}}},$$

де $t_{\alpha/2, N-2}$ – квантиль t -розподілу Стюдента з рівнем значущості $\alpha/2$ та $N-2$

ступенями свободи; $S_{Z_Y}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\hat{Z}_Y - \bar{Z}_Y)^2$; $\bar{Z}_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_{y_i}$;

$$S_{Z_X Z_X} = \sum_{i=1}^N (Z_X - \bar{Z}_X)^2.$$

Інтервали передбачення лінійної регресії можна побудувати на основі рівняння:

$$Z_{YPI} = \hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, N-2} S_{Z_Y} \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(Z_X - \bar{Z}_X)^2}{S_{Z_X Z_X}}}.$$

Побудову довірчих інтервалів та інтервалів передбачення нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден виконують на основі зворотного перетворення (2). Якість побудованого рівняння нелінійної регресії визначалася за допомогою наступних критеріїв якості: середня відносна помилка MMRE (Mean Magnitude of Relative Error); відсоток

прогнозованих значень, для яких відносна помилка MRE (Magnitude of Relative Error) менше 0,25, Pred(0,25) (Percentage of Prediction).

В результаті нормалізації двовимірного негаусівського вектору трудомісткості робіт \mathbf{X} до двовимірного гаусівського вектору трудомісткості робіт \mathbf{Z} отримано наступні оцінки параметрів двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B : $\hat{\gamma}_X = 0,138$; $\hat{\eta}_X = 0,5134$; $\hat{\phi}_X = 5,798$; $\hat{\lambda}_X = 202,4237$; $\hat{\gamma}_Y = 0,081$; $\hat{\eta}_Y = 0,613$; $\hat{\phi}_Y = 19,6$; $\hat{\lambda}_Y = 61,278$. Оцінки параметрів рівняння лінійної регресії для нормалізованих даних $\hat{b}_0 = 0$; $\hat{b}_1 = 0,8334$.

Для рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден, побудованої на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B отримано наступні значення критеріїв якості: MMRE = 0,1841; Pred(0,25) = 0,7931.

На рис. 3 представлено рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт, довірчі інтервали і інтервали передбачення нелінійної регресії, побудовані на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B .

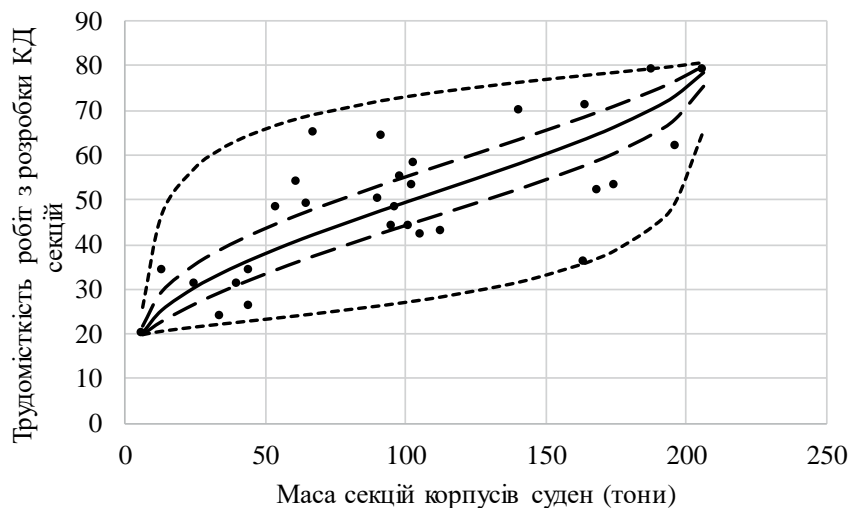


Рисунок 3 – Нелінійна регресія трудомісткості робіт із розробки КД суден на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B

Для побудови нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден необхідно спочатку перейти до лінійної регресійної моделі на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , а після побудови лінійної регресійної моделі трудомісткості робіт перейти до нелінійної регресійної моделі завдяки використанню зворотного перетворення. Рівняння нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій має вигляд:

$$Y = \phi_Y + \lambda_Y \left[1 + e^{-(\hat{Z}_Y + \varepsilon - \gamma_Y)/\eta_Y} \right]^{-1}, \quad (7)$$

де ε – гаусівська випадкова величина з нульовим математичним сподіванням і дисперсією D_ε , яка характеризує похибки або випадкове відхилення.

Значення випадкової складової можна отримати завдяки моделюванню методом виключення. Результати моделювання залежної змінної з використанням нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден (7), побудованої на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B представлено на рис. 4.

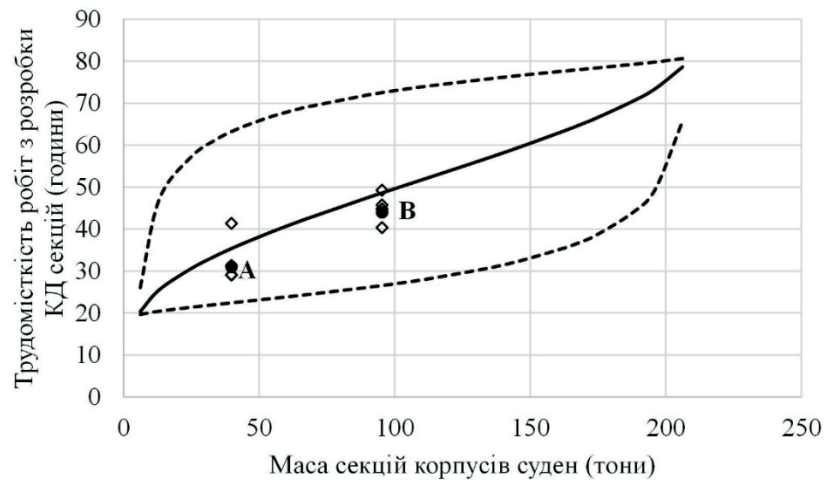


Рисунок 4 – Результати моделювання залежної змінної з використанням нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден

Для порівняння було побудовано нелінійну регресійну модель з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму (рис. 5).

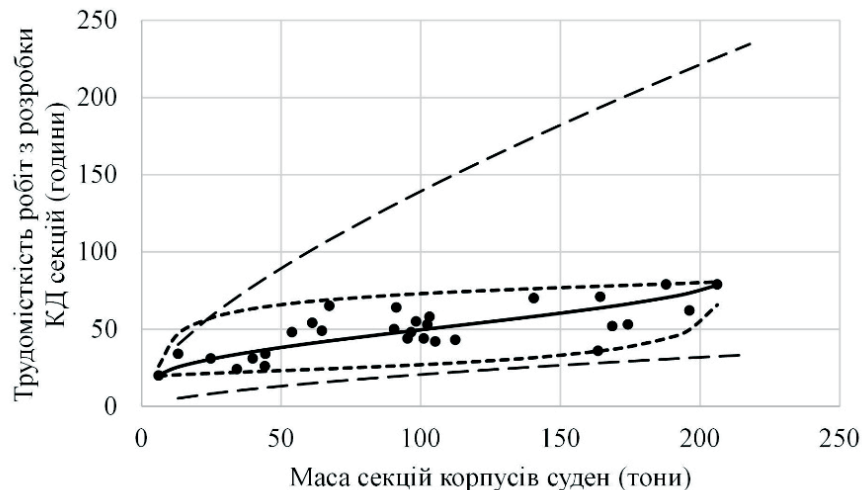


Рисунок 5 – Порівняння інтервалів передбачення.

На рис. 5 коротким пунктиром позначено інтервали передбачення, побудовані на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , а довгим пунктиром – інтервали передбачення, побудовані з використанням перетворення на основі десяткового логарифму.

Порівняння критеріїв якості побудованих рівнянь нелінійної регресії трудомісткості робіт із розробки КД секцій корпусів суден в залежності від

маси цих секцій (табл. 1) дозволяє зробити висновок про перевагу використання двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B для побудови нелінійної регресії трудомісткості робіт у порівнянні з одновимірним нормалізуючим перетворенням Джонсона сімейства S_B та одновимірним нормалізуючим перетворенням з використанням десяткового логарифму.

Таблиця 1 – Критерії якості нелінійної регресії трудомісткості робіт

Нормалізуюче перетворення	<i>MMRE</i>	Pred(0,25)
Двовимірне нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_B	0,1841	0,7931
Одновимірне нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства S_B	0,3032	0,6571
Одновимірне нормалізуюче перетворення на основі десяткового логарифму	0,4016	0,4118

Отже, побудовано рівняння нелінійної регресійної моделі та границь її довірчих інтервалів і інтервалів передбачення на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B для оцінювання трудомісткості робіт, що дозволяє зменшити ширини зазначених інтервалів у порівнянні з відповідними рівняннями, отриманими за одновимірними нормалізуючими перетвореннями, а також підвищити достовірність оцінювання вибіркового середнього трудомісткості робіт в залежності від маси секцій.

В **четвертому розділі** на основі розроблених математичних моделей описано методику оцінювання середньої трудомісткості робіт і методику оцінювання трудомісткості робіт, як випадкової величини, та їх застосування для управління часом проектів розробки КД суден. Також наведено приклад оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД секцій контейнеровозу із використанням розроблених методик. Запропоновані методики схвалені та використовуються в: ТОВ «СІ-ДЖОБ МИКОЛАЇВ» (акт впровадження від 24.12.2019 року) і ТОВ «МДЕМ» (акт впровадження від 23.12.2019 року).

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішено актуальну **науково-прикладну задачу** підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки КД суден завдяки створенню та удосконаленню математичних моделей трудомісткості робіт на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Основні наукові та практичні результати полягають у наступному:

1. Проведений аналіз існуючих методів і моделей оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден показав, що відомі методи і моделі оцінювання трудомісткості робіт використовують оцінки, які призначаються здебільшого

однією людиною – менеджером з управління проектами. Існують випадки низької достовірності оцінювання трудомісткості робіт, що призводить до низької достовірності оцінювання тривалості виконання робіт і перевищення запланованого часу виконання проектів. Для підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден запропоновано використання рівнянь нелінійної регресії та нелінійних регресійних моделей трудомісткості робіт, побудованих на базі статистичних даних виконаних проектів.

2. *Вперше* побудовано негаусівську ймовірнісну модель для трудомісткості робіт із розробки конструкторської документації секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі щільності двовимірного розподілу Джонсона сімейства S_B , що дозволяє не тільки врахувати реальний характер розподілу двовимірних емпіричних даних, а надалі провести кращу нормалізацію емпіричних даних у порівнянні з наявними моделями, побудованими на основі щільностей одновимірних розподілів.

3. *Удосконалено* рівняння трансформованого еліпса передбачення для двовимірного негаусівського вектора трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у подібних наборах даних без припущення про їх нормальний розподіл.

4. *Удосконалено* рівняння нелінійної регресії та границь її довірчого інтервалу і інтервалу передбачення на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання вибіркового середнього трудомісткості робіт в залежності від маси секцій у порівнянні з відповідними рівняннями, що отримані за одновимірними нормалізуючими перетвореннями.

6. *Отримала подальший розвиток* регресійна модель для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє зменшити ширину інтервалів передбачення нелінійної регресії та, тим самим, підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден у порівнянні з наявними моделями, що отримані за одновимірними нормалізуючими перетвореннями.

7. Проведено порівняння результатів побудови рівняння нелінійної регресії та нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості робіт на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B з результатами побудови нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації секцій корпусів суден на основі одновимірних нормалізуючих перетворень. Виявлено, що використання двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона покращує критерій якості нелінійної регресії $Pred(0,25)$ у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень.

8. Розроблено методики оцінювання середньої трудомісткості робіт з використанням рівняння нелінійної регресії трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації секцій корпусів суден, побудованого на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B та довірчих інтервалів і інтервалів передбачення нелінійної регресії.

9. Розроблено методику для оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден з використанням нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт, побудованої на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B .

10. Результати дисертаційного дослідження у вигляді математичних моделей оцінювання трудомісткості робіт мають перспективу подальшого використання при управлінні проектами розробки конструкторської документації суден. Це підтверджено актами впровадження результатів дослідження в ТОВ «СІ-ДЖОБ МИКОЛАЇВ» (акт впровадження від 24.12.2019 року) і ТОВ «МДЕМ» (акт впровадження від 23.12.2019 року) дозволило підвищити достовірність оцінювання трудомісткості робіт з розробки КД суден і скоротити час виконання проектів на 4% – 7%.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.

Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

1. Приходько, С.Б. Модели и методы управления временем в проектах разработки конструкторской документации судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2011. – № 1 (436). – С. 149–154.

2. Приходько, С.Б. Выбор нормализующего преобразования для оценки продолжительности работ при управлении временем в проектах разработки конструкторской документации судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2011. – № 4 (439). – С. 140–145.

3. Приходько, С.Б. Интервальное оценивание отклонений продолжительности работ при управлении временем в проектах разработки конструкторской документации судов / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Международный журнал об инновациях в судостроении «Shipbuilding & Marine Infrastructure (Судостроение и морская инфраструктура)». – Миколаїв: НУК, 2014. – № 2(2). – С. 103–110. (Вид. включено до МНБ: Crossref, BASE, Index Copernicus International).

4. Приходько С.Б. Побудова трансформованих еліпсів передбачення на основі нормалізуючих перетворень для двовимірних негаусових даних / С. Б. Приходько, Н. В. Приходько, О.О. Кудін, Т.Г. Смикодуб // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ, 2017. – № 21. – С. 134–138.

5. Prykhodko S.B. Constructing non-linear regression equations on the basis of bivariate normalizing transformations / S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko, L.M. Makarova, O.O. Kudin, T.G. Smykodub. // Вісник Херсонського

національного університету. – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип. 3(62). – Т. 1. – С. 333–337.

6. Приходько, Н.В. Нелінійна регресійна модель для оцінювання трудомісткості робіт в суднобудівних проектах на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона / Н.В. Приходько, Л.М. Макарова, О.О. Кудін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – Київ: Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2019. – Том 30(69) № 3. – С. 148–152.

7. Приходько, Н.В. Математичні моделі для оцінювання трудомісткості розробки конструкторської документації суден на основі двовимірного перетворення Джонсона / Н.В. Приходько, О.О. Кудін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – Київ: Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2019. – Том 30(69) № 4. – С. 106–111.

Статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу:

8. Кудін, О.О. Підвищення достовірності оцінювання тривалості робіт за методом PERT на основі регресійного аналізу / О.О. Кудін // Slovak international scientific journal. – Bratislava, 2020. – № 46, VOL.1. – pp. 4–8. (Вид. включено до МНБ: Scientific Indexing Services, International Scientific Indexing)

Статті, які додатково відображають наукові результати дисертації:

9. Приходько, С.Б. Побудова рівняння трансформованого еліпсу передбачення за даними тривалості розробки 3D-моделей секцій корпусів суден / С.Б. Приходько, Н.В. Приходько, О.О. Кудін, Д.В. Кошовий // Геометричне моделювання та інформаційні технології: науковий журнал. – № 2 (4), жовтень 2017. – Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2017. – С. 79–83.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. Приходько, С.Б. Модифікація метода PERT на основі нормалізуючих преобразований для управління часом в проектах розробки конструкторської документації судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудін // Управління проектами: стан та перспективи. Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 20–23 вересня 2011 р.). – Миколаїв: НУК, 2011. – С. 255–257.

11. Приходько, С.Б. Оцінювання тривалості робіт на основі нормалізуючих перетворень для управління часом у проектах розробки конструкторської документації судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудін // Інновації в суднобудування та океанотехніці: Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції (Миколаїв, 5–7 жовтня 2011 р.). – Миколаїв: НУК, 2011. – С. 635–637.

12. Приходько, С.Б. Оценка доверительных интервалов продолжительности работ в проектах разработки конструкторской документации судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудін // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних

засобів і інженерних споруд: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. (Миколаїв, 23–25 травня 2012 р.). – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 28–30.

13. Приходько, С.Б. Применение оценок доверительных интервалов продолжительности работ при управлении временем в проектах разработки конструкторской документации судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Комп'ютерні науки: освіта, наука, практика: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (Миколаїв, 14–16 червня 2012 р.). – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 123–127.

14. Приходько, С.Б. Використання перетворення Джонсона при оцінюванні тривалості операцій в проектах розробки конструкторської документації судна / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Управління проектами: стан та перспективи: матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 18–21 вересня 2012 р.). – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 162–163.

15. Приходько, С.Б. Интервальная оценка продолжительности операций в проектах разработки конструкторской документации судна на основе преобразований Джонсона / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали III міжнародної науково-технічної конференції (Миколаїв, 4–6 жовтня 2012 р.). – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 592–594.

16. Приходько, С.Б. Интервальное оценивание отклонений продолжительности работ при управлении временем в проектах разработки конструкторской документации судна / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Автоматика/ Automatics-2013: матеріали XX міжнародної конференції з автоматичного управління (Миколаїв, 25–27 вересня 2013 р.). – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 316–317.

17. Приходько, С.Б. Интервальное оценивание отклонений продолжительности работ для управления временем рабочего проекта судна. / С.Б. Приходько, О.А. Кудин / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції (Миколаїв, 9–11 жовтня 2013 р.). – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 494–496.

18. Приходько, С.Б. Оценивание трудоемкости работ в проектах разработки конструкторской документации судов при воздействии непрогнозируемых возмущающих факторов / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Управління проектами: стан та перспективи: матеріали X міжнародної науково-практичної конференції. (Миколаїв, 16–19 вересня 2014 р.). – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 226–229.

19. Приходько, С.Б. Автоматизированная система управления временем в проектах разработки конструкторской документации судов. / С.Б. Приходько, О.А. Кудин // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. (Черкаси, 16–20 березня 2015 р.). – Черкаси, 2015. – С. 71–73.

20. Приходько, С.Б. Побудова нелінійного регресійного рівняння для оцінювання тривалості розробки 3D-моделей секцій корпусів суден. / С.Б. Приходько, Н.В. Приходько, О.А. Кудин // Проблеми моделювання та розробки інформаційних систем: матеріали II науково-практичної інтернет-конференції (Дрогобич, 20 травня 2017 року). – Дрогобич: ДДПУ ім. І. Франка, 2017. – С. 65–69.

21. Prykhodko, S.B. Detecting outliers in bivariate non-gaussian data on the basis of normalizing transformations. / S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko, O.O. Kudin, N.G. Smykodub // VI Міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів», присвячена пам'яті професора Ю.П. Кунченка: Тези доповідей. (Черкаси, 24–26 травня 2017 р.). – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – С. 131–133.

22. Prykhodko, S.B. Detecting bivariate outliers on the basis of normalizing transformations for non-Gaussian data / S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko, L.M. Makarova, O.O. Kudin, T.G. Smykodub, A.S. Prykhodko // Advanced Information Systems and Technologies. Proceedings of the V International Scientific Conference, Sumy, Ukraine, May 17–19, 2017. pp. 95–97.

23. Prykhodko, S.B. Constructing non-linear regression equations on the basis of bivariate bijective normalizing transformations / S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko, L.M. Makarova, O.O. Kudin, T.G. Smykodub, // XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) [Збірка тез (18–22 вересня 2017 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 83–84.

24. Приходько, С.Б. Оцінювання тривалості робіт при управлінні часом в проектах розробки конструкторської документації корпусів суден / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Управління проектами: стан та перспективи. Матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 53–55.

25. Приходько, С.Б. Нелінійні регресійні моделі оцінювання тривалості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 366–367.

26. Приходько, С.Б. Побудова рівняння трансформованого еліпсу передбачення за даними тривалості робіт з розробки 3D-моделей секцій корпусів суден / С.Б. Приходько, Н.В. Приходько, О.О. Кудін, Д.В. Кошовий // Прикладна геометрія та інформаційні технології в моделюванні об'єктів, явищ і процесів: матеріали II-ої всеукраїнської науково-практичної конференції (18–20 жовтня 2017 р., м. Миколаїв). – Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2017. – С. 36–37.

27. Приходько, С.Б. Нелінійна регресійна модель тривалості розробки конструкторської документації суден на основ перетворення Джонсона / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Управління проектами: стан та перспективи: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2018. – С. 91–93.

28. Приходько, С.Б. Нелінійна регресійна модель на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали IX міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2018. – С. 388.

29. Приходько, С.Б. Комп'ютерне моделювання залежної негаусівської випадкової величини за нелінійною регресійною моделлю на основі нормалізуючого перетворення / С.Б. Приходько, Н.В. Приходько, О.О. Кудін // Праці VII Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негаусівських процесів», присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка: Тези доповідей. – Черкаси: ЧДТУ, 2019. – С. 176–178.

30. Приходько, С.Б. Оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом в проектах розробки конструкторської документації суден / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Управління проектами: стан та перспективи: Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції – Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2019. – С. 98–99

31. Приходько, С.Б. Підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт за методом PERT на основі двовимірного перетворення Джонсона / С.Б. Приходько, О.О. Кудін // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції. у 2 томах. Т. 2. – Миколаїв : НУК, 2020. – С. 156–161.

АНОТАЦІЯ

Кудін О.О. Математичні моделі для оцінювання трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 «Управління проектами та програмами» – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Міністерство освіти і науки України, Миколаїв, 2021.

У дисертації вирішено **актуальну науково-прикладну задачу** підвищення достовірності оцінювання трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації суден в умовах впливу випадкових непередбачуваних факторів завдяки побудові математичних моделей трудомісткості робіт на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Такі математичні моделі дозволяють підвищити достовірність оцінювання тривалості робіт при управлінні часом в проектах розробки КД суден. Перевага запропонованого рішення полягає у тому, що оцінювання трудомісткості робіт проводиться на основі статистичних даних виконаних проектів розробки конструкторської документації на відміну від існуючих методів і моделей оцінювання трудомісткості, оснований на власному досвіді менеджерів проектів.

В результаті проведених досліджень побудовано негаусівську ймовірнісну модель трудомісткості робіт з розробки конструкторської документації секцій корпусів суден та маси цих секцій на основі функції

щільності ймовірності двовимірного розподілу Джонсона сімейства S_B . Удосконалено рівняння трансформованого еліпсу передбачення для двовимірного негаусівського вектору трудомісткості робіт, що дозволяє визначити наявність двовимірних викидів у подібних наборах негаусівських даних без припущення про їх нормальний розподіл і, в подальшому, підвищити достовірність оцінювання трудомісткості. Побудовано рівняння нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості робіт із розробки конструкторської документації секцій корпусів суден в залежності від маси цих секцій. Побудовано нелінійну регресійну модель для оцінювання трудомісткості робіт із розробки конструкторської документації секцій корпусів суден. Розроблено методику оцінювання середньої трудомісткості робіт при управлінні часом проектів розробки конструкторської документації суден з використанням нелінійної регресійної моделі трудомісткості робіт та довірчих інтервалів, побудованих на основі двовимірного перетворення Джонсона сімейства S_B . Розроблено методику для оцінювання трудомісткості робіт, як випадкової величини.

Ключові слова: управління часом проектів; нелінійна регресійна модель; трудомісткість робіт; двовимірне нормалізуюче перетворення Джонсона; конструкторська документація суден.

ABSTRACT

Kudin O.O. Mathematical models for estimating the complexity of work in time management of projects for the development of design documentation of ships. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences. Specialty 05.13.22 – Project and Program Management. – Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ministry of Education and Science of Ukraine, Mykolaiv, 2021.

Existing methods and models of project management, in particular methods and models of time management of projects of development of design documentation of vessels, do not always allow to execute the specified projects in the planned time. The presence of cases exceeding the planned project deadlines requires the creation and use of the latest methods and models of shipbuilding project management, including methods and models of time management of such projects.

The dissertation solves the current scientific and applied problem of increasing the reliability of estimating the effort on the development of design documentation of vessels under the influence of random unforeseen factors by building mathematical models of effort based on bivariate Johnson normalizing transformation of the S_B family. Such mathematical models allow to increase reliability of estimation of effort of works at time management in projects of development of design documentation of vessels. The advantage of the proposed solution is that the assessment of the complexity of the work is based on statistics of completed projects of design

documentation development in contrast to existing methods and models of effort assessment, based on the own experience of project managers.

As a result of the research, a non-Gaussian probabilistic model of labor intensity for the development of design documentation of vessels hull sections and mass of these sections was built for the first time on the basis of the probability density function of the bivariate Johnson distribution of the S_B family. data compared to existing models based on the densities of univariate distributions.

The equation of the transformed prediction ellipse for the bivariate non-Gaussian effort vector has been improved, which allows to determine the presence of bivariate emissions in such non-Gaussian data sets without assuming their normal distribution and, further, increase the reliability of effort estimation. The nonlinear regression equation and the limits of its confidence interval and prediction interval are constructed on the basis of bivariate Johnson normalizing transformation of the S_B family, which allows to increase the reliability of estimating the sample mean effort in comparison with the corresponding equations constructed by univariate normalizing transformations. The use of these estimates of the sample average effort of work allows, in turn, to increase the reliability of the estimation of the average time intervals of the schedule of the project of development of design documentation of vessels.

A nonlinear regression model is constructed to estimate the complexity of work on the development of design documentation of vessels hull sections based on the bivariate Johnson normalizing transformation of the S_B family, which reduces the width of nonlinear regression prediction intervals compared to univariate normalization transformations. A method for estimating the average effort in time management of development projects design documentation of vessels using a nonlinear regression model of effort and confidence intervals based on the bivariate Johnson normalizing transformation of the S_B family is developed and an example of its use is given. A method for effort intensity as a random variable using a nonlinear regression model of labor intensity and prediction intervals based on a bivariate Johnson normalizing transformation of the S_B family is developed and an example of its use is given.

Keywords: project time management; nonlinear regression model; effort; bivariate Johnson normalizing transformation; design documentation of vessels.

Підп. до друку 19.08.2021. Формат 60×84/16.
Обл.-вид. арк. 0,9. Ум. друк. арк. 0,9.
Тираж 100 прим. Зам. 1908-1.

Поліграфічне підприємство СПД Румянцева Г. В.
54038, м. Миколаїв, вул. Бузника, 5/1.
Свідоцтво МК № 11 від 26.01.2007 р.

